

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-236301
(P2000-236301A)

(43) 公開日 平成12年8月29日 (2000.8.29)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
H 0 4 B 10/14		H 0 4 B 9/00	S
10/06		17/00	G
10/04		9/00	J
10/17			K
10/16			E

審査請求 未請求 請求項の数 7 OL (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-251396

(22) 出願日 平成11年9月6日 (1999.9.6)

(31) 優先権主張番号 特願平10-361499

(32) 優先日 平成10年12月18日 (1998.12.18)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72) 発明者 川口 明久

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 南本 和宏

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 100078330

弁理士 笹島 富二雄

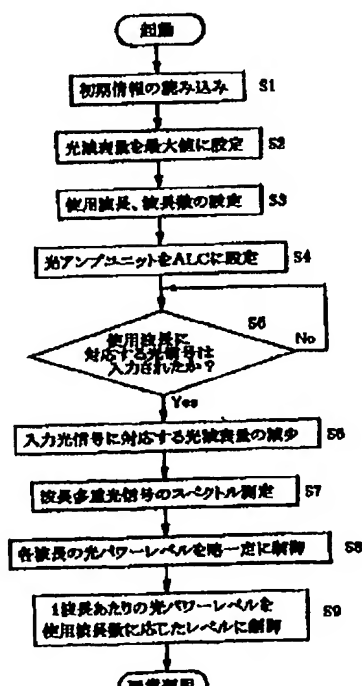
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光波長多重伝送装置の制御方法

(57) 【要約】

【課題】 各波長の光信号の入力状態に応じて光増幅部の制御方式を切り替えることにより安定した波長多重光伝送を実現する光波長多重伝送装置の制御方法を提供する。

【解決手段】 本発明の制御方法は、装置の起動時に、使用波長及び使用波長数等の初期設定を行い、各波長についての光減衰量を最大値に設定し、光アンプユニットをA L Cに設定する。使用波長に該当する光信号が入力されると、スペクトル測定ユニットで測定される各波長の光信号レベルが略一定となり、かつ、光アンプユニットへの入力光レベルが使用波長数に応じたレベルとなるように、入力光波長に対応する光減衰量を制御して通常運用状態とする。また、入力波長数が変化した場合、光アンプをA G Cに設定し、各入力光レベルを使用波長数に応じたレベルに再調整後、A L Cに切り替えて再び通常運用状態にする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】波長の異なる複数の入力光信号の各パワーレベルを個別に減衰させる光減衰部と、該光減衰部で減衰された各波長の光信号を合波して波長多重光信号を生成する光合波部と、該光合波部で生成された波長多重光信号を増幅する光増幅部と、該光増幅部で増幅された波長多重光信号のスペクトルを測定するスペクトル測定部と、を備えた光波長多重伝送装置の制御方法であって、前記光波長多重伝送装置の起動時に、使用波長及び使用波長数を含んだ初期情報を設定し、前記光減衰部の各波長に対応した光減衰量を最大値に設定し、前記光増幅部の動作を自動レベル制御に設定する初期設定過程と、前記初期情報により設定された使用波長に該当する波長の光信号が前記光減衰部に入力されたとき、前記スペクトル測定部で測定される各波長の光信号パワーレベルが略一定となり、かつ、前記光増幅部に入力される波長多重光信号の1波長あたりの光パワーレベルが前記初期情報により設定された使用波長数に応じたレベルとなるように、前記光減衰部の入力光信号波長に対応した光減衰量を制御するレベル調整過程と、前記スペクトル制御部の測定結果に基づいて、前記レベル調整過程で調整されたレベル状態が維持されるように、前記光減衰部の入力光信号波長に対応した光減衰量を制御する運用過程と、を含んでなることを特徴とする光波長多重伝送装置の制御方法。

【請求項2】前記運用過程において入力波長数に変化が生じたとき、前記光増幅部の動作を自動レベル制御から自動利得制御に切り替えるとともに、波長数変化後に前記スペクトル測定部で測定される各波長の光信号パワーレベルが略一定となり、かつ、前記光増幅部に入力される波長多重光信号の1波長あたりの光パワーレベルが変化後の波長数に応じたレベルとなるように、前記光減衰部の入力光信号波長に対応した光減衰量を制御する波長数変化処理過程を含んでなることを特徴とする請求項1記載の光波長多重伝送装置の制御方法。

【請求項3】前記波長数変化処理過程は、入力波長数が減少したとき、前記光減衰部の減少波長に対応した光減衰量を最大値に設定することを特徴とする請求項2記載の光波長多重伝送装置の制御方法。

【請求項4】前記運用過程において前記スペクトル測定部の測定動作に異常が発生したとき、前記光減衰部から出力される各波長の光信号レベルが異常発生直前の出力レベルに保持されるように、前記光減衰部の各波長に対応した光減衰量を制御するスペクトル測定異常処理過程を含んでなることを特徴とする請求項1～3のいずれか1つに記載の光波長多重伝送装置の制御方法。

【請求項5】前記光増幅部の動作が自動レベル制御及び自動利得制御のいずれかに切り替えられたとき、少なく

信号を発生して光伝送路に送出する監視制御処理過程を含み、前記監視制御信号が、前記光伝送路に接続される後段装置に装備された光増幅部の動作を、前記光波長多重伝送装置の光増幅部の動作状態にあわせて切り替えるために利用されることを特徴とする請求項1～4のいずれか1つに記載の光波長多重伝送装置の制御方法。

【請求項6】前記監視制御処理過程は、前記波長多重光信号に含まれる光信号の波長とは異なる波長の監視制御チャネルを利用して、前記監視制御信号を前記波長多重光信号とともに光伝送路に送出することを特徴とする請求項5記載の光波長多重伝送装置の制御方法。

【請求項7】波長の異なる複数の入力光信号の各パワーレベルを個別に減衰させる光減衰部と、該光減衰部で減衰された各波長の光信号を合波して波長多重光信号を生成する光合波部と、該光合波部で生成された波長多重光信号を増幅する光増幅部と、該光増幅部で増幅された波長多重光信号のスペクトルを測定するスペクトル測定部と、を備えた光波長多重伝送装置の制御方法であって、前記光波長多重伝送装置の起動時に、使用波長及び使用波長数を含んだ初期情報を設定し、前記光減衰部の各波長に対応した光減衰量を最大値に設定し、前記光増幅部の動作を自動レベル制御に設定する初期設定過程と、前記初期情報により設定された使用波長に該当する波長の光信号が前記光減衰部に入力されたとき、前記スペクトル測定部で測定される各波長の光信号パワーレベルが略一定となり、かつ、前記光増幅部に入力される波長多重光信号の1波長あたりの光パワーレベルが前記初期情報により設定された使用波長数に応じたレベルとなるように、前記光減衰部の入力光信号波長に対応した光減衰量を制御するレベル調整過程と、を含んでなることを特徴とする光波長多重伝送装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光伝送システムで用いられる光波長多重伝送装置の制御方法に関し、特に、光波長多重伝送装置内に設けられた光増幅部の制御方式を各波長の光信号の入力状態に応じて切り替えることで、安定した波長多重光伝送を実現する光波長多重伝送装置の制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】光通信システムの大容量化を実現する方法として、波長の異なる複数の光信号を含んだ波長多重光信号を1つの伝送路を介して伝送する波長多重(WDM)光伝送システムが注目されている。また、光増幅器を線形中継器等として使用する光増幅中継伝送方式を適用したWDM光伝送システムの開発も進められている。例えば、伝送速度が10Gbpsの光信号を32波使用し、それらの光信号を波長多重することで合計の伝送速

ムが検討されている。

【0003】上記のようなWDM光伝送システムに適用される送信側の端局装置は、例えば、電気信号をITU-Tに規定された波長グリッド上の狭スペクトル光信号に変換する電気光変換装置を備えるとともに、該電気光変換装置から出力される各波長の光信号を波長多重して送出する光波長多重伝送装置を備えている。また、前記光波長多重伝送装置の具体的な構成としては、例えば図8に示すようなものが提案されている。

【0004】図8の構成では、電気光変換装置から出力される各波長の光信号が、各々に対応した光減衰ユニット(VAT)を介して光合波ユニット(TWM)に入力されて合波される。光合波ユニットから出力された波長多重光信号は、光アンプユニット(TWA)で所要のレベルまで増幅されて外部の光伝送路等に送出される。また、光アンプユニットから出力された波長多重光信号の一部がスペクトル測定ユニット(SAU)に送られて、スペクトル測定が行われ、その測定結果を基に各光減衰ユニットの光減衰量が制御される。さらに、光アンプユニットでは、定常状態において自動レベル制御(ALC; Automatic Level Control)が行われ、使用波長数に応じて設定されたレベルで一定となるように、出力光レベルの制御が行われる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような光送信装置においては、光アンプユニットがALCで動作している間に入力光波長数の増減が生じると、光アンプユニットは入力光レベルに拘わらず出力光レベルを一定にすべく動作するため、結果として波長1波あたりの出力光レベルが変動してしまうという問題があった。これにより光波長多重伝送装置に接続する、中継装置や受信側の端局装置の動作にも影響が生じて伝送特性の劣化を招いていた。

【0006】上記のような問題を解決するためには、例えば、入力波長数の増減の際に光アンプユニットのALC動作を中断して、増減後の波長数に対応した1波あたりの出力光レベルが得られるように、光アンプユニットの動作状態を変えてやればよい。しかし、単に光アンプユニットの利得を変えて出力光レベルを調整した場合には、各波長間の利得の偏差(傾き)が変化してしまうため、増幅後の波長多重光信号の各波長光レベルを一定に保つことが難しくなる。波長数の増減時においても、光アンプユニットから出力される波長多重光信号の1波あたりのレベルを変動させることなく、かつ、各波長光レベルを一定に維持するような具体的な制御方法は、これまでに提案されていなかった。

【0007】本発明は上記の点に着目してなされたもので、光波長多重伝送装置への各波長の光信号の入力状態に応じて、光増幅部の制御方式を切り替えることにより

の制御方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため本発明は、波長の異なる複数の入力光信号の各パワーレベルを個別に減衰させる光減衰部と、該光減衰部で減衰された各波長の光信号を合波して波長多重光信号を生成する光合波部と、該光合波部で生成された波長多重光信号を増幅する光増幅部と、該光増幅部で増幅された波長多重光信号のスペクトルを測定するスペクトル測定部と、を備えた光波長多重伝送装置の制御方法であって、前記光波長多重伝送装置の起動時に、使用波長及び使用波長数を含んだ初期情報を設定し、前記光減衰部の各波長に対応した光減衰量を最大値に設定し、前記光増幅部の動作を自動レベル制御(ALC)に設定する初期設定過程と、前記初期情報により設定された使用波長に該当する波長の光信号が前記光減衰部に入力されたとき、前記スペクトル測定部で測定される各波長の光信号パワーレベルが略一定となり、かつ、前記光増幅部に入力される波長多重光信号の1波長あたりの光パワーレベルが前記初期情報により設定された使用波長数に応じたレベルとなるように、前記光減衰部の入力光信号波長に対応した光減衰量を制御するレベル調整過程と、を含んでなり、さらに、前記スペクトル制御部の測定結果に基づいて、前記レベル調整過程で調整されたレベル状態が維持されるように、前記光減衰部の入力光信号波長に対応した光減衰量を制御する運用過程を含むようにしてもよい。

【0009】かかる制御方法によれば、光波長多重伝送装置の起動には、光増幅部の制御方式がALCに設定された状態で、実際に入力される光信号に応じて光減衰部の光減衰量の制御が行われる。そして、スペクトル測定部で測定される波長多重光信号の各波長光レベルが安定すると通常の運用状態となる。このようにして、光波長多重伝送装置の起動から運用に至るまでの動作が自動的に行われるようになる。

【0010】また、上記の制御方法については、前記運用過程において入力波長数に変化が生じたとき、前記光増幅部の動作を自動レベル制御から自動利得制御(AGC)に切り替えるとともに、波長数変化後に前記スペクトル測定部で測定される各波長の光信号パワーレベルが略一定となり、かつ、前記光増幅部に入力される波長多重光信号の1波長あたりの光パワーレベルが変化後の波長数に応じたレベルとなるように、前記光減衰部の入力光信号波長に対応した光減衰量を制御する波長数変化処理過程を含むようにしてもよい。さらに、前記波長数変化処理過程は、入力波長数が減少したとき、前記光減衰部の減少波長に対応した光減衰量を最大値に設定するのが好ましい。

【0011】かかる制御方法によれば、入力波長数(入

の光信号について入力断が発生したり、あるいはその入力断が復旧した場合などでも、光増幅部がAGCに切り替わって、変化後の波長数（光信号数）に応じて光減衰部の光減衰量が自動的に制御されるようになる。

【0012】加えて、上述の制御方法については、前記選過程において前記スペクトル測定部の測定動作に異常が発生したとき、前記光減衰部から出力される各波長の光信号レベルが異常発生直前の出力レベルに保持されるように、前記光減衰部の各波長に対応した光減衰量を制御するスペクトル測定異常処理過程を含むようにしてもよい。

【0013】かかる制御方法によれば、スペクトル測定部の異常発生時には、スペクトル測定結果に拘わらずに光減衰部が独立制御を行うようになり、異常発生前の状態が維持されるようになる。

【0014】また、上述の制御方法は、前記光増幅部の動作が自動レベル制御及び自動利得制御のいずれかに切り替えられたとき、少なくとも切替え後の前記光増幅部の動作状態を示す監視制御信号を発生して光伝送路に送出する監視制御処理過程を含み、前記監視制御信号が、前記光伝送路に接続される後段装置に装備された光増幅部の動作を、前記光波長多重伝送装置の光増幅部の動作状態にあわせて切り替えるために利用されるようにしてもよい。さらに具体的には、前記監視制御処理過程が、前記波長多重光信号に含まれる光信号の波長とは異なる波長の監視制御チャネルを利用して、前記監視制御信号を前記波長多重光信号とともに光伝送路に送出するのが好ましい。

【0015】かかる制御方法によれば、送信側における光増幅部の制御方式の切替えに伴って、中継装置や受信側端局等の後段装置に設けられた光増幅部の制御方式も、監視制御信号に従って送信側と同様に切替えられる。これにより、送信側の制御方式切替えの影響を受けて、波長多重光信号の伝送特性が劣化するようなことが防止されるようになる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。図1は、本実施形態の制御方法が適用される光波長多重伝送装置の要部構成を示すブロック図である。なお、この光波長多重伝送装置は、WDM光伝送システムの送信側の端局装置内に設けられ、また、該端局装置内には図示しない電気光変換装置も装備されている。

【0017】図1において、光波長多重伝送装置は、例えば、電気光変換装置から出力される各波長の光信号が入力される光減衰部としての4つの光減衰ユニット(VAT)11~14と、各光減衰ユニット11~14から出力される光信号を合波する光合波部としての光合波ユニット(TWM)2と、光合波ユニット2から出力される波

ット(TWA)3と、光アンプユニット3で増幅された波長多重光信号の一部が入力されるスペクトル測定部としてのスペクトル測定ユニット(SAU)4と、上記各ユニットが接続される装置内監視制御部(HUB)5と、から構成される。

【0018】各光減衰ユニット11~14には、電気光変換装置で発生した波長の異なる32波の光信号がそれぞれ8波づつ入力される。ここでは、光減衰ユニット11について具体的な構成を示して説明を行い、この光減衰ユニット11と同様の構成の光減衰ユニット12~14については説明を省略する。光減衰ユニット11は、入力される波長 $\lambda_1 \sim \lambda_8$ の各光信号に対応した光処理系101~108と、各光処理系101~108の動作を制御する制御系16と、から構成される。

【0019】各光処理系101~108には、電気光変換装置からの光信号が、光入力ポート(OPTIN)11に輸入され、可変光減衰モジュール(VATTMD)13で減衰されて、光出力ポート(OPTOUT)15から出力される。また、光入力ポート11と可変光減衰モジュール13の間には、可変光減衰モジュール13に入力される光信号のパワー等をモニタする光入力モニタ部(CPL/PD)12が設けられ、可変光減衰モジュール13と光出力ポート15の間には、可変光減衰モジュール13から出力される光信号のパワー等をモニタする光出力モニタ部(CPL/PD)14が設けられている。なお、本発明では、光減衰ユニットの数およびユニット内の波長数等は必要に応じて変えることができる。

【0020】ここで、各光処理系101~108の具体的な構成例を図2のブロック図を用いて説明する。図2の構成例では、光入力ポート11に輸入された光信号が、光カプラ(CPL)12aを通して可変光減衰器(VATT)13aに送られる。この際、入力光信号の一部が光カプラ12aで分岐され、該分岐された光信号が受光素子(PD)12bで電気信号に変換される。この電気信号は、入力断検出回路(COMP)12c、A/D変換回路(A/D)12d及び信号劣化検出回路(SD)12eにそれぞれ入力される。入力断検出回路12cは、受光素子12bからの電気信号レベルと予め設定された閾値レベル V_{comp} とを比較することにより、電気光変換装置からの光信号の入力が存在するか否かを判別し、その結果を入力断信号INDWNとして制御系16に出力する。A/D変換回路12dは、受光素子12bからのアナログ信号を制御系16で処理可能なデジタル信号に変換し、入力側データ信号DATAinとして制御系16に出力する。信号劣化検出回路12eは、制御系16から送られてくる参照信号SDMONinをD/A変換回路(D/A)12fでアナログに変換した信号と、受光素子12bからの電気信号とを比較回路(COMP)12gで比較して、信号劣化の発生の有無を判別

御系16に出力する。

【0021】可変光減衰器13aは、制御系16から送られてくる制御信号ATTSETをD/A変換回路13bでアナログ信号に変換した信号によって、光減衰量が制御される。具体的には、例えばファラデー回転子等を用いた可変光減衰器の場合には、制御信号ATTSETに従って可変光減衰器に流す電流値を変化させることで光減衰量を制御できる。図3には、電流値に対する光減衰量の変化の一例を示しておく。なお、(A)には25℃における測定結果、(B)には65℃における測定結果が示してある。また、上記の可変光減衰器13aは、実際の可変光減衰器に送る電流量を示すモニタ信号ATTMONを発生する機能を備えていて、該モニタ信号ATTMONがA/D変換回路13cでデジタルに変換されて制御系16に送られる。

【0022】可変光減衰器13aを通過した光信号は、光カプラ12aを介して光出力ポート15から出力される。この際、出力光信号の一部が光カプラ(CPL)14aで分岐され、該分岐された光信号が受光素子(PD)14bで電気信号に変換される。この電気信号は、A/D変換回路14cでデジタル信号に変換されて出力側データ信号DATAoutとして制御系16に出力される。

【0023】制御系16は、例えば、各光処理系101~10gやスペクトル測定ユニット4から送られてくる信号を基に、各光処理系101~10gにおける光減衰量を制御するCPU16aを有し、このCPU16aには、インターフェース回路(TEDsLSI)16bが接続されている。インターフェース回路16bは、各ユニット間で信号伝送を行うための接続インターフェースである。また、制御系16には、温度モニタ回路(TEMPMON)16cが設けられていて、光減衰ユニット内の温度を示す信号がCPU16aに送られるようになっている。

【0024】光合波ユニット2は、各光減衰ユニット11~14から出力される各々の波長の光信号を合波して1つの波長多重光信号を生成する合波モジュール(MUXMd)21と、インターフェース回路(TEDsLSI)22と、から構成される。このインターフェース回路22は、上記各光減衰ユニット11~14に設けられるインターフェース回路16bと同様のものである。

【0025】光アンプユニット3では、光合波ユニット2からの波長多重光信号が、光入力ポート(OPTIN)31に入力され、光アンプモジュール(AMPMD)32で増幅された後に、光カプラ(CPL)33を介して光出力ポート(OPTOUT)34から出力される。また、光アンプモジュール32には、インターフェース回路(TEDsLSI)35が接続され、光カプラ33には、光アンプユニット3の動作状態等を監視する

いる。光アンプモジュール32には、波長多重光信号を直接増幅することのできる、例えばエルビウムドープファイバアンプ(EDFA)等の公知の光アンプが用いられる。この光アンプは、図示しないが、出力レベルが一定となるように制御する自動レベル制御(ALC)回路及び利得が一定となるように制御する自動利得制御(AGC)回路を備え、インターフェース回路35を介して送られる制御信号に応じて、ALCまたはAGCの制御方式が選択される。監視制御モジュール36は、光アンプユニット3が正常に動作しているか否かをインターフェース回路35を介して各モジュールに伝達するとともに、本光波長多重伝送装置の動作状態を示す監視制御信号を光カプラ33を介して波長多重光信号の監視制御チャンネルに載せて、後段の中継装置や受信側端局装置に伝送する。なお、監視制御信号及び監視制御チャンネルについては後述する。さらに、光カプラ33では、光アンプモジュール32で増幅された波長多重光信号の一部が分岐されてスペクトル測定ユニット4に送られる。

【0026】スペクトル測定ユニット4では、光カプラ33からの分岐光が、光入力ポート(OPTIN)41に入力され、スペクトルアナライザモジュール(SAMd)42で分岐光のスペクトルが測定され、その測定結果がCPU43に送られる。CPU43には、インターフェース回路(TEDsLSI)44が接続されている。

【0027】なお、各モジュールのインターフェース回路(TEDsLSI)は、各々が互いに接続されるとともに装置内監視制御部5を介しても接続されている。また、各光減衰ユニット11~14のCPU16aとスペクトル測定ユニット4のCPU43との間が直接接続されていて、それぞれのCPU間で信号伝送が行われる。

【0028】次に、上記のような構成の光波長多重伝送装置に適用される制御方法を、図4のフローチャートを用いて説明する。図4において、光波長多重伝送装置が起動されると、まず、ステップ1(図中S1で示し、以下同様とする)からステップ4までの処理により、光波長多重伝送装置の初期設定が行われる。

【0029】具体的には、ステップ1において初期情報の読み込みが行われる。この初期情報は、例えば、送信側の端局装置全体の動作を監視制御する装置内監視制御部5等において、使用波長、使用波長数及び各波長の伝送速度等が予め設定され、その初期情報が装置内監視制御部5から光波長多重伝送装置の各ユニットに伝達される。なお、ここでは、初期情報が装置内監視制御部5で設定されるようにしたが、光波長多重伝送装置の各ユニットがそれぞれ初期情報を記憶しているようにしても構わない。

【0030】この初期情報の読み込みと並行して、ステップ2では、各光減衰ユニット11~14のすべての可変

理が行われる。この処理は、各光減衰ユニット11~14の各々のCPU16aから各波長に対応した可変光減衰モジュール13に、光減衰量を最大値に設定する制御信号ATTSETが送られることで実行される。この制御信号ATTSETは、温度モニタ回路16cの測定結果を考慮し、上述の図3に示したような可変光減衰器13aの特性を参照して、その光減衰量が最大となる電流値を指示する信号である。各波長に対応した可変光減衰器13aの光減衰特性に関するデータは、予め記憶されているものとする。CPU16aから各可変光減衰モジュール13に送られた制御信号ATTSETは、D/A変換回路13bでアナログ信号に変換された後に可変光減衰器13aに送られ、可変光減衰器13aを流れる電流が制御されて光減衰量が最大値に設定される。また、ここでは、実際の可変光減衰器に送る電流量を示すモニタ信号ATTMONが、各可変光減衰器13aからA/D変換回路13cを介してCPU16aに送られて、それぞれの制御状態がCPU16aで監視される。

【0031】そして、ステップ3では、ステップ1で読み込んだ初期設定情報に従って、各光減衰ユニット11~14について使用波長の設定が行われ、光アンプユニット3について使用波長数の設定が行われる。また、スペクトル測定ユニット4については使用波長及び使用波長数の設定が行われる。さらに、ステップ4では、光アンプユニット3の制御方式がALCに設定される。

【0032】これらステップ1からステップ4までの初期設定処理により、本光波長多重伝送装置は、電気光変換装置からの各波長の光信号の入力を待つ待機状態となる。この入力待機状態においては、ステップ5で、各光減衰ユニット11~14のそれぞれの波長に対応した入力断検出回路12cから出力される入力断信号INDWNに基づいて、各々の光入力ポート11に光信号が入力されたか否かの検出が行われる。

【0033】そして、初期設定された使用波長に該当する波長の光信号が光入力ポート11に入力されたことが判断されると、ステップ6からステップ9のレベル調整処理が実行される。なお、使用波長とは異なる波長の光信号が入力された場合には、その光信号は光減衰量が最大に設定された可変光減衰モジュール13によって減衰され、後段の各ユニットに伝達されることはない。

【0034】まず、ステップ6では、使用波長に該当する光信号の入力があったことを示す信号が、光信号入力検出された光減衰ユニットのCPU16aからスペクトル測定ユニット4のCPU43に送られる。CPU43は、光減衰ユニットからの信号で示される波長に対応する可変光減衰モジュール13の光減衰量を減少させる信号を生成して、前記光減衰ユニットのCPU16aに返信する。そして、CPU16aは、CPU43からの信号に従い可変光減衰モジュール13に対して制御信号

【0035】ステップ7では、各光減衰ユニット11~14を通過し光合波ユニット2で合波された波長多重光信号が、光アンプユニット3で増幅された後に、その一部がスペクトル測定ユニット4に送られて、増幅後の波長多重光信号のスペクトルがスペクトルアナライザモジュール42で測定される。スペクトルアナライザモジュール42の測定結果は、CPU43に送られて、波長多重光信号に含まれる各波長の光信号のパワーレベルが検出される。

【0036】次に、ステップ8では、各波長の光信号のパワーレベルを略一定に制御する処理が実行される。具体的には、CPU43において、各波長の光信号のパワーレベルが略一定であるかが判断され、略一定となっていない場合には、各波長光のレベル差をなくして等しいレベルとなるように、各光減衰ユニット11~14の該当する可変光減衰モジュール13の光減衰量を指示する信号が生成されて、それぞれの光減衰ユニット側に出力される。その信号を受けた光減衰ユニット11~14の各CPU16aは、該当する可変光減衰モジュール13に対して制御信号ATTSETを送り光減衰量の調整を行う。そして、調整後の波長多重光信号のスペクトルが再び測定され、各波長の光信号のパワーレベルが略一定になるまで上記の動作が繰り返される。

【0037】各波長の光信号のパワーレベルが略一定に制御されると、ステップ9では、光アンプユニット3に入力される波長多重光信号の1波長あたりの光パワーレベルを、使用波長数に対応する所定のレベルに制御する処理が実行される。具体的には、CPU43において、光アンプユニット3からのインターフェース回路を介して、光アンプユニット3に入力される光レベルのトータルパワーを検出し、実際に運用されている光の波長数を検出する。これに伴い、運用波長数に対する必要な各波長のレベルを設定し、その各波長レベルに対して、スペクトル測定ユニット4で測定された各波長のレベルが達しているかを判断する。所要のレベルに達していない場合には、使用波長に対応する可変光減衰モジュール13の光減衰量を減少させる信号が生成されて、それぞれの光減衰ユニット側に出力される。その信号を受けた各光減衰ユニット11~14のCPU16aは、該当する可変光減衰モジュール13に対して制御信号ATTSETを送り光減衰量の調整を行う。そして、調整後の波長多重光信号のスペクトルが再び測定され、各波長の光信号のパワーレベルが所要のレベルに達するまで上記の動作が繰り返される。

【0038】なお、ここでは各波長の光信号のパワーレベルを略一定に制御した後に、波長多重光信号の1波長あたりの光パワーレベルを所定のレベルに制御するようにしたが、それぞれの制御の順序を逆にしても構わない。

光信号の各波長光レベルが制御されると、本光波長多重伝送装置は通常運用状態となる。また、通常運用状態においても、上記ステップ6からステップ9までのレベル調整処理が随時繰り返され、波長多重光信号のパワーレベルが制御されるものとする。

【0040】上述のようにステップ1～ステップ9までの一連の処理によって、光波長多重伝送装置の起動から通常運用に至るまでの動作を、実際に入力される光信号に応じて自動的に行うことができるようになる。

【0041】なお、ここでは、各波長の光信号のパワーレベルが略一定に制御される場合を示したが、本発明はこれに限らず、例えば、パワーレベルを略一定とした各波長の光信号について、光波長多重伝送装置よりも後段の伝送特性を考慮したプリエンファシスを施すような制御も可能である。この制御は、各光減衰ユニット11～14の可変光減衰モジュール13の光減衰量を調整することによって容易に実現される。

【0042】次に、通常運用される光波長多重伝送装置において、入力される各波長の光信号に増減が生じた場合の制御方法について説明する。まず、ある波長の光信号の入力がなくなった（以下、光入力断とする）場合の処理を図5のフローチャートに従って説明する。

【0043】図5において、ステップ11で、各光減衰ユニット11～14の入力断検出回路12cから出力される各々の入力断信号INDWNを基にある波長の光入力断が検出されると、該光入力断を知らせる信号がスペクトル測定ユニット4のCPU43に伝えられる。また、これと同時にステップ12で、光アンプユニット3の制御方式がALCからAGCに切り替えられる。

【0044】ステップ13では、光入力断となった波長に対応する可変光減衰モジュール13の光減衰量を最大値に設定する処理が実行される。具体的には、スペクトル測定ユニット4のCPU43から、該当する波長の可変光減衰モジュール13に繋がるCPU16aに対して、光減衰量を最大にする信号が送られる。そして、該CPU16aから可変光減衰モジュール13に制御信号ATTSETが送られ、その光減衰量が最大に調整されて、光信号の再入力（復旧）を待つ待機状態となる。

【0045】次に、ステップ14では、光入力断後の使用波長数に応じた、光アンプユニット3への入力光パワーレベルを確保するために、光信号入力のある使用波長に対応した可変光減衰モジュール13の光減衰量を制御する処理が行われる。具体的には、光入力断後にスペクトル測定ユニット4で得られた波長多重光信号のスペクトルを基に、前述のステップ8及びステップ9と同様の処理を繰り返すことで、波長多重光信号の各波長の光信号レベルを略一定に保ちながら、1波長あたりの光パワーレベルを所要のレベルに制御する。そして、上記のレベル制御が安定すると、ステップ15で、光アンプユニ

れる。

【0046】さらに、入力断の発生した光信号が復旧した場合には、ステップ16で、その波長に対応する入力断検出回路12cからの入力断信号INDWNを基に光信号の復旧が検出され、その旨を伝える信号がスペクトル測定ユニット4のCPU43に送られる。また、これと同時にステップ17で、光アンプユニット3の制御方式がALCからAGCに切り替えられる。

【0047】そして、ステップ18では、復旧した波長を含めた各使用波長の光信号について、スペクトル測定ユニット4で得られた波長多重光信号のスペクトルを基に、前述のステップ8及びステップ9と同様の処理を繰り返すことで、波長多重光信号の各波長の光信号レベルが略一定に制御され、かつ、1波長あたりの光パワーレベルが所要のレベルに制御される。そして、上記のレベル制御が安定すると、ステップ19で、光アンプユニット3の制御方式がAGCからALCに再び切り替えられ、通常運用状態となる。

【0048】これらステップ11～ステップ19の処理により、ある波長の光信号について入力断が生じた場合でも、他の波長の光信号については、入力断が発生する以前の状態が自動的に維持され、安定した波長多重光信号の送信が可能となる。また、復旧の際の処理も自動的に行われ、安定した波長多重光信号を送信できる。

【0049】次に、すべての使用波長についての光信号の入力がなくなった（以下、光入力全断とする）場合の処理について図6のフローチャートに従って説明する。光入力全断の状態は、スペクトル測定ユニット4における測定結果を基に判断されるが、その状態は、スペクトル測定ユニット4の故障またはスペクトル測定ユニット4への入力光が遮断された場合（A）と、光アンプユニット3の故障または光アンプユニット3よりも前段における異常発生による場合（B）とに分けて考えることができる。

【0050】前者（A）の場合、光アンプユニット3の監視制御モジュール36から各ユニットに送られる信号を基に、光アンプユニット3の動作状態が正常であると判断されれば、増幅された波長多重光信号のスペクトルが単に測定できないだけであって、他のユニットは正常に動作しているものと判断できる。この場合には、波長多重光信号のスペクトルに従った制御を中断して、各光減衰ユニット11～14を独立制御することにより、光入力全断が発生する以前の状態を維持することが可能である。

【0051】そこで、上記の場合には、図6（A）のステップ20に示すように、スペクトル測定ユニット4で光入力全断が判断されると、ステップ21では、各光減衰ユニット11～14において、各波長の光信号の出力パワーレベルが全断直前のレベルで保持されるように、そ

る。すなわち、各波長の光信号について、光減衰モジュール13からの出力光レベルを示す出力側データ信号DATAoutが全断直前の状態を保つように、CPU16aから光減衰モジュール13に対して制御信号ATTSETが送られて光減衰量が調整される。このときのCPU16aによる光減衰量の制御は、スペクトル測定ユニット4のCPU43からの信号には影響されず、光減衰ユニット内の独立制御となる。なお、このときの光アンプユニット3はALC動作するものとする。そして、スペクトル測定ユニット4の故障等が解消して光入力全断が復旧すると、ステップ22において、各光減衰ユニット11~14で各波長について保持された光出力レベルが開放され、スペクトル測定ユニット4のCPU43からの信号に従った光減衰量の制御が再開される。

【0052】一方、後者(B)の場合には、図6(B)のステップ23に示すように、光アンプユニット3の監視制御モジュール36からの信号によって光アンプユニット3の動作状態が異常であると判断され、光入力全断が検出されると、ステップ24で、各光減衰ユニット11~14において、すべての波長についての光減衰モジュール13の光減衰量が最大値に設定される。そして、上述した初期設定のときと同様の状態とされて、異常発生部分の修復を待つ待機状態となる。異常が解消されて光入力全断が復旧すると、ステップ25において、各光減衰ユニット11~14への光信号の入力に応じて、上述したステップ6~ステップ9の起動時と同様の処理が繰り返される。

【0053】上記のような制御方法により、光入力全断が生じた場合でも、可能な限り全断直前の状態を保って波長多重光信号の伝送状態を維持し、また、光入力全断が復旧した際には自動的に通常運用状態に戻ることができる。

【0054】次に、光波長多重伝送装置の動作状態に関する情報を、中継装置や受信側の端局装置に伝達して、安定した波長多重光信号の伝送を実現する方法について説明する。

【0055】上述のように、送信側の光波長多重伝送装置内で光アンプユニット3の制御方式を切り替えながら波長多重光信号の送信を行う場合、図示しないが後段の中継装置や受信側の端局装置に設けられた光アンプユニットに入力される光パワーレベルも、送信側の切替え状態に応じて変化することになる。この入力光パワーレベルの変化に関係なく中継装置や受信側の端局装置の光アンプユニットがALC動作してしまうと、各光アンプユニットにおける1波長あたりの出力光レベルが変動して波長多重光信号の伝送特性を劣化させてしてしまうことになる。なお、中継装置や受信側の端局装置の光アンプユニットにおけるALCは、一般に、伝送路の偏波変動、物理的擾乱、経年変化等による伝送レベル特性の変

する光アンプユニットは、予め定められた若しくは送信側から伝達された波長設定情報(使用波長数及び伝送速度)に基づいて、出力光レベルを一定に保つように動作する。

【0056】上記のような伝送特性の劣化を防ぐため、本実施形態では、送信側の動作状態に関する情報を波長多重光信号の監視制御チャンネルに載せて中継装置や受信側の端局装置に伝達し、送信側における光信号の増減に応じて後段の光アンプユニットの動作状態を制御する。この制御方法を、図7のフローチャートに従って説明する。

【0057】図7において、送信側の光波長多重伝送装置で光アンプユニット3の制御方式が切り替えられると、すなわち、光波長多重伝送装置に入力される光信号に増減が生じて、上述したように光アンプユニット3の制御方式がALCからAGCに若しくはAGCからALCに変更されると、ステップ30において、切り替えられた制御方式を示す信号が光アンプユニット3の監視制御モジュール36で発生する。この信号は、ステップ31で、例えば使用波長数や各使用波長毎の伝送速度等を示す信号とともに監視制御信号として、光カプラ33を介して波長多重光信号の監視制御チャンネルに載せられて、光出力ポート34から出力される。

【0058】そして、ステップ32では、送信側からの監視制御信号が中継装置で受信され、該受信した監視制御信号に含まれる制御方式を示す情報に従って、中継装置に設けられた光アンプユニットの制御方式が切り替えられる。具体的には、例えばある波長の光入力断が発生して、送信側の光アンプユニットがALCからAGCに切り替わった場合、中継装置の光アンプユニットもALCからAGCに切り替わる。また、その光入力断が復旧すると、上述の動作により送信側の光アンプユニットがALCになっている状態を、中継装置の光アンプユニットにも通知しALC動作させる。このような切替え処理が、送信側及び受信側の各端局装置間に接続された中継装置において順次行われ、送信側からの波長多重光信号が受信側の端局装置まで伝送される。

【0059】ステップ33では、送信側からの監視制御信号が中継装置を経由して受信側の端局装置で受信され、該受信した監視制御信号に含まれる制御方式を示す情報に従って、ステップ32の場合と同様にして、受信側の端局装置に設けられた光アンプユニットの制御方式が切り替えられる。

【0060】このようなステップ30~ステップ33の処理により、送信側の光アンプユニット3の制御方式を、波長多重光信号の監視制御チャンネルを利用して中継装置や受信側の端局装置に伝達し、後段の光アンプユニットの制御方式を送信側にあわせて切り替えることで、光入力断等、波長多重光信号に含まれる波長数に増減が

ことができる。

【0061】なお、上記の制御方法について、中継装置及び受信側の端局装置の各光アンプユニットにおける制御方式の切替えが正常に行われたか否かを、中継装置及び受信側の端局装置から送信側の端局装置に監視制御チャンネルを用いて伝達するようにしてもよい。このようにすれば、例えば、本伝送システムの保守等が装置内監視制御部5などを介して実際の波長増減設の作業を実施する際に、端局装置及び中継装置がそれぞれ正常に制御動作しているかを、監視制御チャンネルを用いたコマンドレスポンスによって確認することができる。この確認動作によって、例えば、中継装置等の光アンプユニットの制御方式が正しく切替えできない場合に、保守者に対して増減設不可を通知し、運用中の通信波長に影響が生じないように実際の増減設作業を中止させることなどが可能になる。

【0062】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光波長多重伝送装置の制御方法によれば、各波長の光信号の入力状態に応じて、光増幅部の制御方式の切替えを行い、光減衰部の各波長に対応した光減衰量を制御するようにしたことで、安定した波長多重光信号を光波長多重伝送装置から光伝送路に送出することができる。これにより、WDM光伝送システムにおける光伝送特性の向上を図ることが可能である。

【0063】また、送信側の光増幅部の動作状態を監視制御信号により後段装置の光増幅部に伝達し、送信側での制御方式の切替えにあわせて後段の光増幅部の制御方式を切替えるようにしたことで、送信側の切替えの影響を受けることのない優れた伝送特性を持つWDM光伝送システムを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係る制御方法が適用される光波長多重伝送装置の要部構成を示すブロック図である。

【図2】同上実施形態における各光減衰ユニットの光処理系の具体的な構成例を示すブロック図である。

【図3】同上実施形態で用いられる可変光減衰器の電流値に対する光減衰量の変化の一例を示す図であって、(A)は25℃の場合、(B)は65℃の場合を示すものである。

【図4】同上実施形態の起動時から通常運用に至るまでの制御方法を示すフローチャートである。

【図5】同上実施形態において光入力断が発生したときの制御方法を示すフローチャートである。

【図6】同上実施形態において光入力全断が発生したときの制御方法を示すフローチャートであって、(A)はスペクトル測定ユニットの故障等の場合、(B)は光アンプユニットよりも前段における異常発生等の場合を示すものである。

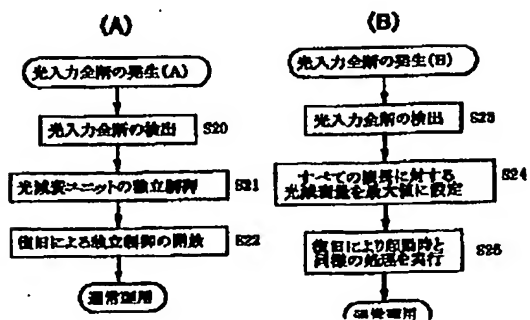
【図7】同上実施形態において送信側から監視制御信号を送出して後段装置の光アンプユニットの動作切替えを行う制御方法を示すフローチャートである。

【図8】WDM光伝送システムに適用される送信側の端局装置に装備される光波長多重伝送装置の一般的な構成例を示す図である。

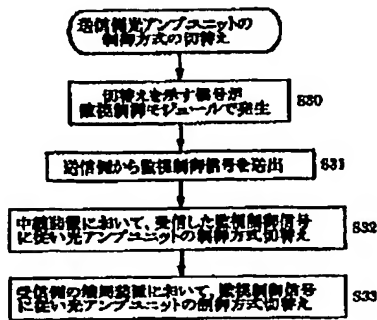
【符号の説明】

- 1₁～1₄…光減衰ユニット(VAT)
- 10₁～10₈…光処理系
- 12…光入力モニタ部(CPL/PD)
- 13…可変光減衰モジュール(VATTMd)
- 14…光出力モニタ部(CPL/PD)
- 16…制御系
- 16a…CPU
- 16c…温度モニタ回路(TEMPMON)
- 2…光合波ユニット(TWM)
- 21…合波モジュール(MUXMd)
- 3…光アンプユニット(TWA)
- 32…光アンプモジュール(AMPMd)
- 36…監視制御モジュール(OSCSMd)
- 4…スペクトル測定ユニット(SAU)
- 42…スペクトルアナライザモジュール(SAMd)
- 43…CPU
- 5…装置内監視制御部(HUB)

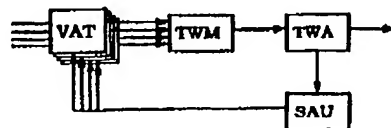
【図6】



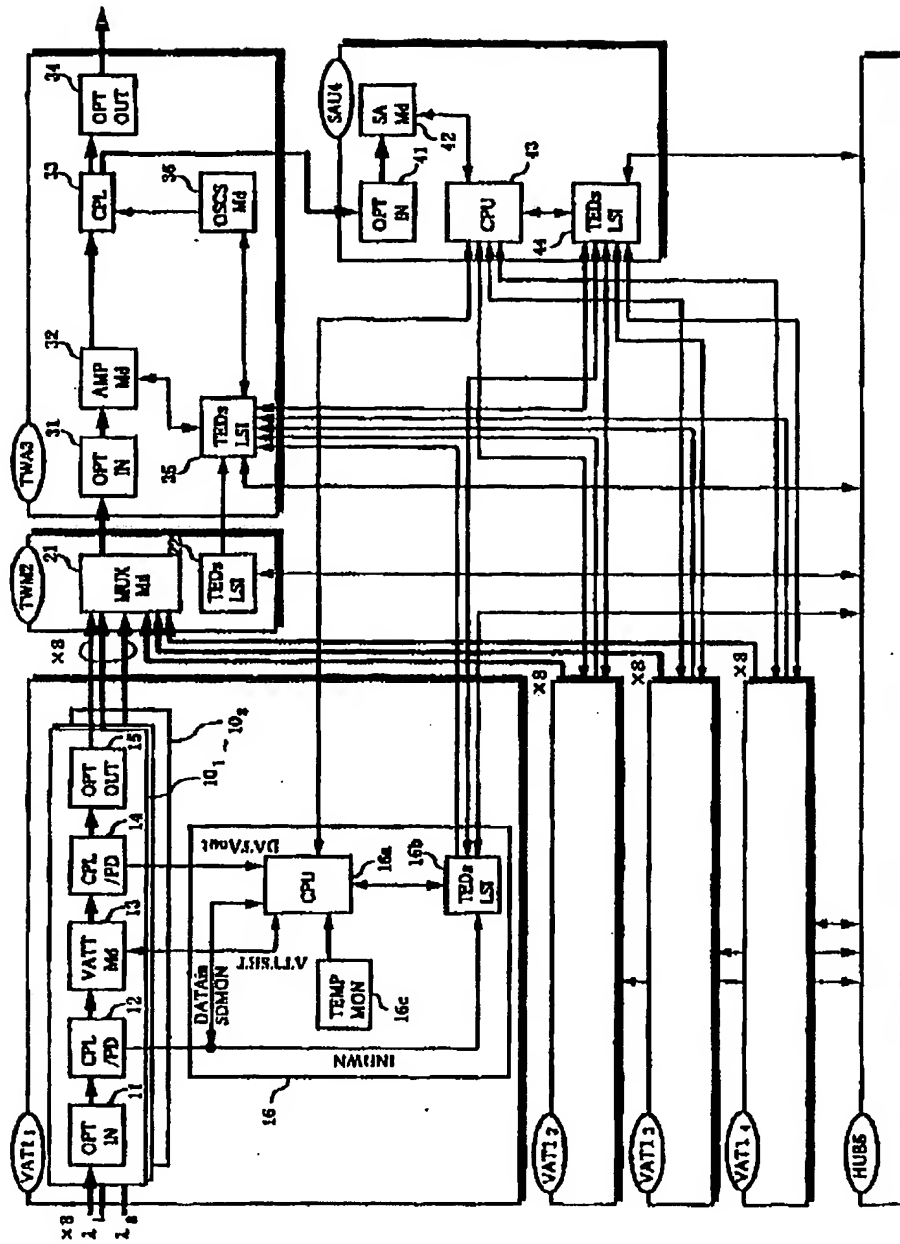
【図7】



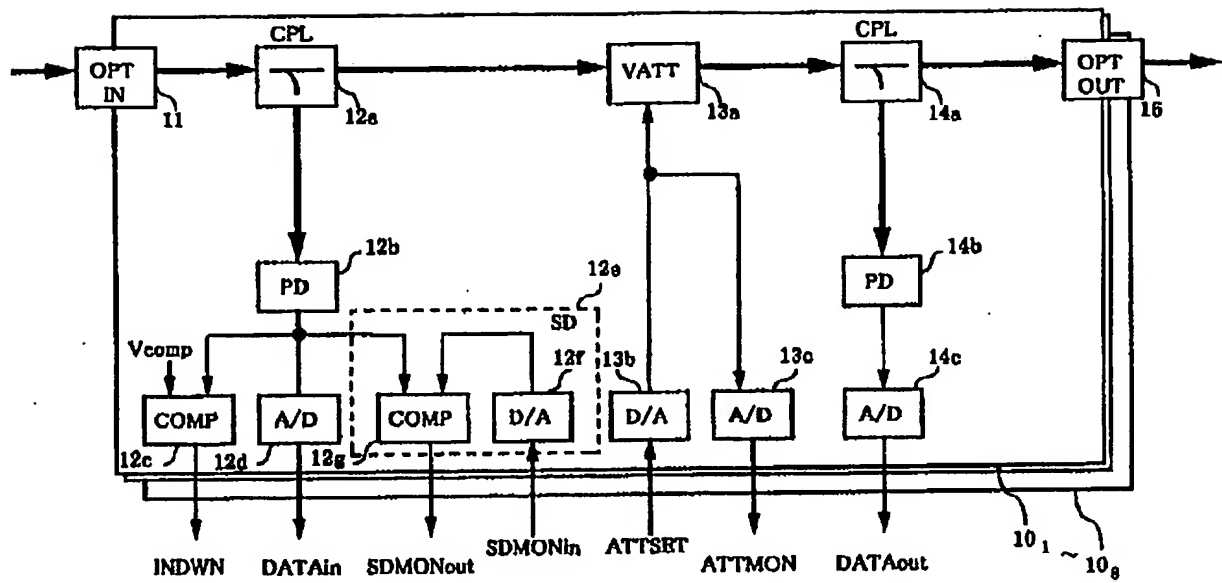
【図8】



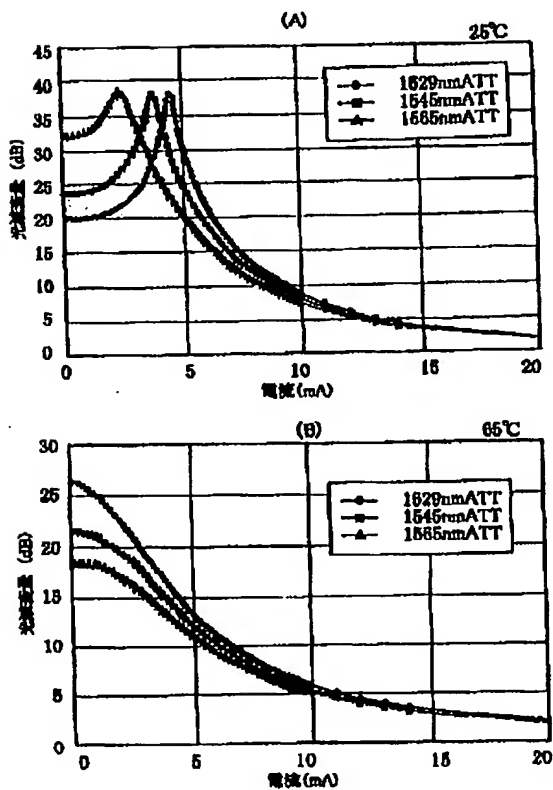
【図1】



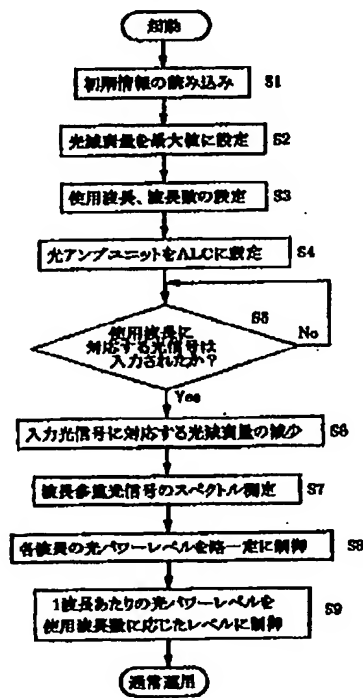
【図2】



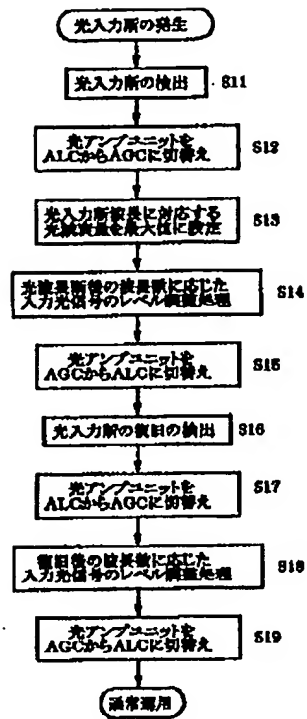
【図3】



【図4】



【図 5】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード* (参考)

H 0 4 B 10/08

H 0 4 J 14/00

14/02

H 0 4 B 17/00

(72)発明者 当摩 栄作

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番

1号 富士通株式会社内